

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

Rec'd PCT/PTO 14 DEC 2002 *A2*

PCT/ SE 03 / 0 0 3 9 2

10/518318

REC'D 26 MAR 2003

WIPO PCT

Intyg Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande Telia AB, Farsta SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0200826-6
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2002-03-19
Date of filing

Stockholm, 2003-03-12

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Lina Oljeqvist
Lina Oljeqvist

Avgift
Fee

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

**PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN**

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

Metod och arrangemang i ett kommunikationssystem

5

Tekniskt område

Föreliggande uppfinning avser en metod, ett system och programvara för att planera och konfigurera mobiltelefonisystem. Mer specifikt avses en metod, ett system och programvara för att effektivt bestämma pilotkanalens uteffekt i olika celler i ett cellulärt mobiltelefonisystem.

Teknikens ståndpunkt

Inom alla mobil radiokommunikationssystem är frekvenstillgången en begränsande faktor. Varje operatör har en eller flera delar av radiospektrat tilldelat sig och måste optimera användandet av frekvenser för att kunna erbjuda hög kapacitet, hög kvalitet och med de nya mobiltelefonisystem som för närvarande implementeras även flexibilitet avseende överföringshastighet och typ av överföring. Inom TDMA-baserade (Time Division Multiple Access) nätverk som till exempel det globalt spridda GSM-systemet och det i nord och sydamerika vanliga TIA/EIA-136 (TDMA), är det främst frekvensplaneringen som är, och har varit, föremål för optimering.

Kommunikationssystem baserade på CDMA-teknik (Code Division Multiple Access), till exempel UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) och IS-95, är till sin natur interferensbegränsade. I sådana system är det av största vikt att radionätet planeras för att ge ett optimalt, eller nära optimalt, utnyttjande av det tilldelade frekvensområdet. Centralt för radionätets planerande i CDMA-baserade system är den så kallade pilotkanalen (CPICH). Pilotkanalen används av

mobilterminalen för att söka bästa cell då mobilterminalen slås på, samt för att med kontinuerliga mätningar avgöra vilken cell som för tillfället erbjuder den bästa kommunikationsmöjligheten, vilket ligger till grund för beslut om cellbyte. Under kommunikation används mätningar på pilotkanalen som underlag för beslut om byte till annan cell (handover). Av mobilterminalen mottagen signalstyrka vid en given punkt inom en cell bestäms av pilotkanalens uteffekt i kombination med radiomiljön, det vill säga bland annat fädning, skuggning och interferens. Pilotkanalens uteffekt blir därmed ett sätt att definiera cellens trafikupptagningsområde, eller med andra ord cellens täckning. Även systemets kapacitet påverkas av pilotkanalernas uteffekt, då den totalt emitterade uteffekten inom ett område styr tillgänglig kapacitet. Pilotkanalernas beskrivs närmare i UMTS-dokumentet TS25.211.

I de flesta existerande system har hitintills pilotkanalsplaneringen, liksom frekvensplanering för TDMA-baserade system, företrädesvis utförts manuellt. Ofta tillämpas en "trial-error"-metod där de olika uteffekterna för pilotkanalerna bestäms manuellt antingen utifrån mätningar eller förväntat beteende hos radionätet. Därefter testas normalt pilotkanalsplanen med ett simuleringsverktyg för att se om önskad effekt uppnås. Oftast krävs ett flertal omplaneringar och simuleringar för att nå ett bra resultat. Trial-error-metoderna är tidskrävande och måste utföras av specialiserad och kunnig personal för att ge optimerade system. På grund av detta är många driftsatta radionät ej optimerade.

Behovet av att kunna optimera radionät med metoder som är möjliga att automatisera är således stort. I US patent 5,859,839 av M. T. Ahlenius et al. beskrivs en metod för att

automatiskt välja effekt för pilotkanaler. För det radionät som ska optimeras bestäms i ett antal punkter ett antal olika värden som avser att beskriva systemet. Värden kan exempelvis vara interferens, handoff-värde, effekt, trafiklast och

- 5 viktning med avseende på till exempel typ av kommunikation. Värdena samlas i olika "nät" (meshes) för att kunna evalueras och ge en bild av radionätets prestanda. Optimering utförs enligt principerna för simulerad annealing, men andra optimeringsalgoritmer omnämns, till exempel genetiska. Vid
- 10 optimeringen varierar vissa av pilotkanalernas uteffekter och "näten" utvärderas för att se om en prestandaförbättring åstadkommit. Utvärderingen av "näten" (meshes) och sammanvägningen av deras betydelse för radionätets prestanda kan vara en omfattande och tidskrävande process. I dokumentet
- 15 framgår ej hur ett entydigt måttal för radionätets prestanda ska beräknas och det är därför önskvärt att finna andra metoder för att tidseffektivt beskriva radionätets prestanda.

Patentansökan EP 1028543 av D. Di Huo beskriver en metod för nedlänks effektstyrning som bland annat kan användas för

- 20 pilotkanalsplanering. Brusnivå och vågutbredning mäts vid ett antal punkter i radionätet och uteffekten i nedlänk kalibreras för att tillgodose ett fördefinierat målvärde. Målvärdet är här ett fördefinierat värde, ett börvärde, och representerar inte nödvändigtvis ett för systemet som helhet optimalt
- 25 tillstånd.

Sammanfattning av uppfinningen

Syftet med föreliggande uppfinning är att minska ovanstående problem med att åstadkomma en effektivt pilotkanalsplanering i

- 30 ett för CDMA-baserat cellulärt mobiltelefonisystem.

Detta uppnås med en metod och en programvaruprodukt beskriven i de kännetecknande delarna av de oberoende patentkraven

5 Tack vare att metoden enligt uppfinningen utnyttjar en målfunktion, som beskriver prestandan hos det cellulära radionätet, innefattar en täckningsrelaterad term och en kapacitetsrelaterad term, kan pilotkanalernas uteffekt konfigureras så att kapaciteten optimeras samtidigt som t ckningskrav tillgodoses.

10 En fördel med föreliggande uppfinning är att målfunktionen ej behöver simuleras utan kan beräknas, vilket avsevärt minskar behovet av processorkraft och tid.

En ytterligare fördel med föreliggande uppfinning är att inget enskilt verifieringssteg innefattande simulering behöver utföras för att få ett mått på systemets prestanda.

15

Kortfattad figurbeskrivning

Figur 1a-b visar ett cellulärt mobiltelefonisystem i vilket föreliggande uppfinning kan utnyttjas,

- 5 Figur 2 visar ett flödesschema för pilotkanalsplanering enligt föreliggande uppfinning;

1
2
3
4
5
6
7
8
9
0

Beskrivning av utföringsformer

Figur 1a är en schematisk bild över ett cellulärt

mobiltelefonnät av den typ i vilket föreliggande uppfinning kan utnyttjas. I figuren avbildas ett antal hexagonala celler

5 100, med en basstation 110 placerad centralt i varje.

Avbildningen ska ses som en idealiserad bild av ett cellulärt nät. I ett reellt nät varierar cellernas storlek och form kraftigt bland annat på grund av topografiska skäl, men också

10 för att kunna erbjuda högre kapacitet och olika grad av service i olika områden. I nät baserade på CDMA (Code Division Multiple Access) och W-CDMA (Wideband-CDMA), såsom nät enligt standarden UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) definieras en cells storlek av den så kallade pilotkanalen, i standarden benämnd CPICH. Detta sker genom att en

15 mobilterminal, exemplifierad med mobilterminal 120 i figur 1, kontinuerligt mäter vilken cell som ger den bästa kommunikationsmöjligheten. Bedömningen baseras på RSCP

(received signal code power). Den mottagna signalstyrkan, RSCP, beror på den utsända signalstyrkan hos pilotkanalen,

20 mobilterminalens position i förhållande till basstationen, och radiovågornas utbredning (dämpning). Den utsända pilotkanalens signalstyrka kan således användas för att avgöra cellernas trafikupptagningsområde, det vill säga cellernas storlek. Pilotkanalernas uteffekt från basstation nummer n

25 betecknas P_n^{CPICH} (i figur 1 exemplifierat med P_1^{CPICH} , P_2^{CPICH} och P_3^{CPICH}). Varje basstation har vidare en maximalt tillgänglig

total uteffekt betecknad, $P_{n,max}$, ($P_{1,max}$, $P_{2,max}$, och $P_{3,max}$). Ofta

finns dessutom en av licensgivande myndigheter undre gräns stipulerad vilken pilotsignalens RSCP inte får understiga. I

30 till exempel Sverige har denna gräns av Post- och

Telestyrelsen, PTS, satts till 58 dBμV/m för minst 95% av ytan.

Benämningen P_{1v} används för den önskade signalnivån för

pilotkanalen och P_{target} för den önskade ytsannolikheten. Gränsvärden som detta i kombination med definieringen av trafikupptagningsområdet i samspel med övriga celler och tillgodoseendet av kapacitet och kvalitetskrav i olika delar av nätet är grundparametrar för pilotkanalsplaneringen.

De olika pilotkanalernas uteffekter, P_n^{CPICH} , liksom en rad andra parametrar och all samtalskontroll bestäms via en (eller flera) radionätkontroller (Radio Network Controller, RNC) 130, vilken alla basstationer 110 är i förbindelser med.

- 10 Pilotkanalskonfigurering utföres normalt vid driftssättning av ett nytt nät, eller då delar av nätet förändrats, till exempel då nya basstationer (nya celler) installerats. Vidare kan det vara lämpligt att utföra en omkonfigurering av pilotkanalerna om inte nätet uppvisar den prestanda som förväntats eller för att ta hänsyn till förändrade omständigheter i radiomiljön.
- 15 Det är också möjligt att dynamiskt pilotkanalskonfigurera för att bättre följa skiftningar i trafiklast under till exempel en dag.

- Figur 2 visar ett flödesschema för de huvudsakliga stegen i metoden för pilotkanalsplanering enligt föreliggande uppfinning. En matematisk beskrivning av vissa för genomförandet väsentliga delar kommer att ges nedan. I denna utföringsform antas att följande är känt om radionätet: a) Basstationernas placering är fix och känd, b) Vågutbredningen är känd, eller kan beräknas med god noggrannhet med hjälp av för fackmannen välkända metoder, c) Trafikens fördelning över ytan är känd eller kan beräknas eller approximeras. Centralt för metoden är definierandet och beräknandet av en målfunktion F_{III} , som ska uttrycka radionätets prestanda med ett måtetal.
- 25 Målfunktionen måste på ett korrekt sätt beskriva inverkan från pilotkanalernas effekter på radionätet ur alla relevanta
- 30

aspekter. Dessutom måste målfunktionen vara möjlig att beräkna på ett tidseffektivt sätt. Pilotplaneringsmetoden innefattar stegen:

205. Radionätet, eller den del av radionätet, som ska
 5 uteffektkonfigureras, delas in i mindre områden. Områdena
 bör vara så små att varken mottagen signalstyrka eller
 trafikfördelning varierar nämnvärt inom området. I de
 följande beräkningarna och optimeringen antas konstant
 mottagen signalstyrka och konstant trafikfördelning inom
 10 områdena. Antalet områden betecknas M , och varje område O_p ,
 ($p=1\dots M$). I figur 1b visas schematiskt hur en del av ett
 radionät kan delas in i mindre områden O_p . I figur 1b
 avbildas en regelbunden, likformig och med identiskt stora
 delområden, O_p , uppdelning av radionätet. En sådan typ av
 15 uppdelning är enkel att utföra, men i vissa tillämpningar
 kan det vara fördelaktigt med en oregelbunden och/eller ej
 likformig uppdelning. Till exempel kan kunskap om
 topografin, geografin eller förväntad trafikintensitet
 indikera att det är lämpligt med en finare indelning i
 20 vissa delar av radionätet än i andra.

210. I ett andra steg beräknas dämpningen av pilotkanalens
 radiosignal mellan basstationen n och området O_p (där n kan
 vara vilken som helst av basstationerna inom området som
 ska planeras) enligt för fackmannen kända metoder för
 vågutbredning. Dämpningen betecknas λ_p^n .
 25

215. I ett tredje steg antas att medelantalet aktiva
 användare inom O_p av tjänst nummer s (där $s = 1$ kan betyda
 taltjänsten, $s = 2$ streaming o.s.v.) är känt och lika med
 ρ_p^s .

220. I ett följande steg ges initiala värden till pilotkanaleffekten, P_n^{CPICH} . Dessa kan exempelvis, dock ej nödvändigtvis, väljas lika för alla basstationer och med tillräckligt hög nivå för att nå täckningskravet.

5 225. I detta steg beräknas målfunktionen enligt:

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{\max,n}} \left(F_{cov} + \sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{TOT}) \right) \quad (1)$$

$$\text{där } W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{TOT} \leq P_{\max,n} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{och} \quad F_{cov} = \begin{cases} 0, & \text{if } P_{cov} \geq P_{target} \\ 100(P_{cov} - P_{target})/k_{cov} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Målfunktionen enligt denna utföringsform har två huvudsakliga termer som tillser att målfunktionen uppfyller de krav som tidigare beskrivits. Dessa termer är en täckningsrelaterad term, F_{cov} , som ser till att täckningskravet blir uppfyllt och den resterande termen, som är relaterad till kapacitet och kvalitet. Täckningstermen bestraffar nät som har för låg täckningsgrad med vikten k_{cov} för varje procent täckningen ligger under målet. Kapacitetstermen består i princip av medelvärdet av den kvarvarande effektmarginal (i W) som finns i cellerna. Detta gäller dock endast då ingen cell överskrider sin maximala uteffekt. Om detta sker bestraffas detta med vikten k_w för varje överstigande W. Vikterna är fria parametrar som normalt anges under nyttjandet av metoden. De ingående termerna kommer att definieras och de nödvändiga matematiska operationerna kommer att beskrivas nedan.

25 230. I ett optimeringssteg optimeras målfunktionen med avseende på pilotkanalernas uteffekter, P_n^{CPICH} . Optimeringen kan exempelvis bygga på att pilotkanalernas uteffekter modifieras och målfunktionen beräknas enligt steg 225. Företrädesvis används en genetisk algoritm (beskrivs nedan)

för optimeringen, men även andra metoder som till exempel simulerad annealing eller evolutionsmetoder kan användas.

235. I ett avslutande steg överförs de nya värdena, P_e^{CPICH} , för pilotkanalsuteffekten till respektive basstation via RNC:n 130.

Matematisk beskrivning av målfunktionen

Målfunktionen enligt föreliggande uppfinning och som beräknas i steg 225 ges av:

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{\max,n}} \left(F_{\text{cov}} + \sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{\text{TOT}}) \right) \quad (1)$$

$$W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{\text{TOT}} \leq P_{\max,n} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases}$$

10

där

$$F_{\text{cov}} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{\text{cov}} \geq p_{\text{target}} \\ 100(p_{\text{cov}} - p_{\text{target}})k_{\text{cov}} & \end{cases}$$

p_{cov} är den erhållna ytsannolikheten och de totala uteffekterna P_n^{TOT} ges av matrisekvationen

$$15 \quad \bar{P}^{\text{TOT}} = (I - \bar{\Omega})^{-1} \bar{\Lambda} \quad (2)$$

där

$$\bar{P}^{\text{TOT}} = \begin{pmatrix} P_1^{\text{TOT}} \\ P_2^{\text{TOT}} \\ \vdots \\ P_N^{\text{TOT}} \end{pmatrix}, \quad \bar{\Lambda} = \begin{pmatrix} \Lambda_1 \\ \Lambda_2 \\ \vdots \\ \Lambda_N \end{pmatrix} \quad \text{och} \quad \Omega_{nm} = \sum_{p \in Q_n} x_p \omega_{pm} \quad (3)$$

Q_n betecknar täckningsområdet för cell nummer i , alltså mängden

$$20 \quad Q_n = \left\{ p; \frac{P_n^{CPICH}}{\lambda_p^n} > \frac{P_m^{CPICH}}{\lambda_p^m} \quad \forall m \neq n \right\} \quad (4)$$

och $b(p)$ betecknar den betjänande cellen för området p . Om

$p \in Q_n$ så gäller $n = b(p)$.

Λ_n betecknar det lastviktade medelvärdet av vågutbredningsdämpningarna för cell nummer n ,

$$\Lambda_n = \sum_{p \in Q_n} x_p N_p$$

$$5 \quad N_p = N_0 \lambda_{b(p)}^p + \sum_{n=1}^N (P_n^{CPICH} + P_n^{common}) \omega_{pn} \quad (5)$$

$$\omega_{pn} = \frac{\lambda_{b(p)}^p}{\lambda_n^p} \quad (n \neq b(p)); \quad \omega_{pb(p)} \equiv (1-\alpha).$$

där P_n^{common} är uteffekten för "common control" kanalerna i cell nummer n . Dessa sätts med en konstant offset, D (i dB), relativt pilotkanalens uteffekt.

$$P_n^{common} = 10^{D/10} P_n^{CPICH}$$

- 10 Vidare så betecknar N_0 bruseffekten inom bandbredden, N antalet celler och slutligen så betecknas lastbidraget från område p med x_p :

$$x_p = \sum_s \rho_p^s \frac{(1-\alpha) R_s \gamma_s}{W + (1-\alpha) R_s \gamma_s} \quad (6)$$

I detta uttryck står R_s för datatakten för tjänst nummer s och γ_s för Signal/Brus-kravet (E_b/N_0) (egentligen bitenergi över bruseffekttäthet) för tjänst nummer s .

Fria parametrar som sätts under utnyttjandet av metoden för pilotkanalsplanering är k_{cov} , k_W och D . Lämpliga värden på dessa parametrar ges i exemplen nedan. k_{cov} väljs företrädesvis så att F_{cov} alltid blir större än kapacitetstermen. k_W bör företrädesvis inte väljas så litet att systemet väljer att ge

en enskild cell för hög uteffekt ("spärr") för att på så sätt kunna ge högre kapacitet i andra celler. Samtidigt bör k_W väljas så att storleksförhållandet mellan F_{cov} och kapacitetstermen bevaras.

- 5 Det bör noteras att den här föreslagna målfunktionen kan beräknas och ej behöver simuleras fram, vilket är vanligt i den kända tekniken. Att målfunktionen kan beräknas innebär stora tidsvinster. Ytterligare tidsvinst fås genom omformuleringen av problemet, som ges av ekvation (2).
- 10 Ekvation (2) innebär att det krävs en matrisinvertering för att bestämma de totala uteffekterna. Den matris som ska inverteras, $1-\Omega$, är en $N \times N$ matris (där N är antalet celler), vilket i alla normala fall är en relativt snabbt utförd operation. Utan omformuleringen måste istället en matris av storleken $M \times M$ inverteras (M är antalet små områden, O_p).
- 15 Tidsvinsten tack vare denna omformulering är omfattande, då tiden som krävs för en matrisinvertering är proportionell mot kuberna av antalet kolumner (eller rader) som matrisen har. Typiskt så är N av storleksordningen 10^2 medan M ungefär 10^4 .
- 20 Tidsvinsten rör sig alltså om ungefär en miljon, 10^6 , gånger.

Alternativa formuleringar av målfunktionen

Målfunktionen kan, vilket torde vara uppenbart för fackmannen, formuleras på en mängd olika sätt och ändå inrymmas inom ramen för föreliggande uppfinning. Ett antal sådana alternativ beskrivs nedan. I de nedan beskrivna utföringsformerna är det i huvudsak enbart målfunktionens utformning som varieras, det vill säga steg 225. De föregående initieringsstegen liksom de efterföljande optimeringsstegen utföres väsentligen på samma sätt som tidigare.

- 5 I en första alternativ utföringsform är målfunktionen ämnad att ge full täckning och samtidigt maximera medelvärdet av effektmarginalen (i dB) mellan den totalt tillgängliga uteffekten CPICH-uteffekten för alla celler. Trafiklastens fördelningen beaktas inte. Målfunktionen, F_I , ges av:

$$F_I = \frac{1}{N_{cells}} \left(F_{cov} + \sum_n W_n^I (10 \log P_{max,n}^{CPICH} - 10 \log P_n^{CPICH}) \right) \quad (7)$$

$$W_n^I = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{CPICH} \leq P_{max,n}^{CPICH} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases}$$

Alternativt kan istället absoluta effektmarginalen (i mW) utnyttja, vilket ger uttrycket för målfunktionen F_{II} :

$$F_{II} = \frac{1}{N_{cells}} \left(F_{cov} + \sum_n W_n^I (P_{max,n}^{CPICH} - P_n^{CPICH}) \right) \quad (8)$$

- 10 I de följande målfunktionerna beaktas även trafiklastens fördelning. F_{III} beskrevs i detalj ovan. Målfunktionen F_{IV} erbjuder ett alternativt sätt att betrakta trafiklasten. De totala uteffekterna P_n^{TOT} respektive de maximalt tillgängliga uteffekterna $P_{n,max}$, kan approximativt beskrivas enligt:

$$15 \quad \begin{aligned} 10 \log P_{max,n} &= konst. - 10 \log(1 - X_{max,n}) \\ 10 \log P_n^{TOT} &= konst. - 10 \log(1 - X_n) \end{aligned}$$

där konstanten innefattar alla lastoberoende termer. Maximala lasten respektive aktuell last per cell ges av $X_{max,n}$ respektive X_n . Används ekvationerna ovan för att ge ett mått på lastmarginalen, $X_M = X_{max,n} - X_n$ per cell fås uttrycket:

$$20 \quad X_{M,n} = X_{max,n} - X_n \Rightarrow X_{M,n} = (1 - X_n) \left(1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right)$$

och målfunktionen kan formuleras som medellastmarginalen för alla celler:

$$F_{IV} = \frac{100}{N_{cells}} \left(F_{cov} + \sum_n (1 - X_n) \left(1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right) \right) \quad (9)$$

- 5 Målfunktionen F_{IV} kan utökas till att även ta hänsyn till trafiklasten genom att varje term i summeringen viktas med den lastbeskrivande faktorn $1/(1-X_n)$. Celler med en trafiklast överskridande 100% diskrimineras med en viktsfaktor k_x . Målfunktionen får då formen:

$$F_V = \frac{1}{N_{cells}} \left(F_{cov} + \sum_n W_n^I W_n^V \frac{P_{max,n}^{CPICH} - P_n^{CPICH}}{1 - X_n} \right) \quad (10)$$

$$W_n^V = \begin{cases} 1, & \text{if } X_n < 1 \\ k_x & \text{otherwise} \end{cases}$$

10 Beskrivning av optimeringssteget

Optimeringssteget, 230, består av en rad delmoment. Den här föreslagna metoden för optimering, genetisk algoritm är känd men har modifierats för det aktuella problemet, och modifieringarna beskrivs nedan. För en fullständig beskrivning av hänvisas till "A Genetic Algorithm for Function Optimization: A Matlab Implementation", av C. Houck, J. Joines och M. Kay, ACM Transactions on Mathematical Software, 1996.

- 20 Anpassningen av den genetiska algoritmen för att användas för pilotplaneringsproblemet består i implementeringen av en *mutation* och en *crossover*, samt valet av individ. En individ blir mängden av pilotuteffekter för alla celler, $\{P_n^{CPICH}, \forall n \leq N\}$. Mutationen är en funktion som avbildar en individ på en ny individ, d.v.s. skapar en ny individ utifrån en gammal. Följande procedur används:

1. Välj slumpmässigt ut K stycken olika celler. (K är en fri parameter).

2. För dessa K celler modifieras pilotuteffekterna slumpmässigt (var och en olika) enligt

$$5 \quad P_{n,ny}^{CPICH} = P_{n,gammal}^{CPICH} + STEP \times (2 \times rand - 1) \text{ [dBm]}$$

$$rand \in Uniform(0,1)$$

STEP sätts av användaren och $rand$ är ett likformigt fördelat slumpstal.

Crossover funktionen avbildar två (föräldra-) individer på två nya (barn) individer. Den fungerar enligt följande:

10 1. Välj ett tal slumpmässigt mellan 1 och N . Kalla detta tal z .

2. Byt piloteffekten för cell nummer z mellan de två föräldraindividerna. På detta vis skapas två barnindivider.

Den genetiska algoritmen modifierar i varje steg uppsättningen av individer (kallad population) med hjälp av funktionerna

15 mutation och crossover. Därefter appliceras en urvalsprocess på populationen, som på grundval av målfunktionsvärdet, beräknat enligt ekvation (1), steg 225, väljer ut vilka individer som ska få gå vidare till nästa steg.

Urvalsprocessen är en rangordnande funktion baserad på den

20 normaliserade geometriska fördelningen, vilket är en standardurvalsprocess för den genetiska algoritmen (se)

Optimeringssteget har här exemplifierats med en genetisk algoritm, vilket är en föredragen utföringsform av

uppfinningen. Fackman torde dock inse att ett flertal andra

25 optimeringsalgoritmer, som till exempel simulerad annealing

eller evolutionsalgoritmer, liksom simuleringsmetoder av Monte Carlo-typ, kan utnyttja fördelarna med den föreslagna

målfunktionen F_{III} .

Test och verifiering av målfunktion och optimeringsalgoritm

För att verifiera tillämpligheten av de här beskrivna utföringsformerna av föreliggande uppfinning, redovisas här ett testscenario bestående av 16 celler. Cellerna utgör ett

5 hexagonalt rutnät med ett avstånd mellan baststationerna på ungefär 346m, vilket ger ett längsta avstånd från baststation till cellgräns på 200m. Nätet uppdelades i ett rektangulärt rutnät, med 20x20 m stora rutor, vilket gav 5329 rutpunkter. Trafiken antogs bestå av enbart tal, med en bithastighet, R,

10 om 12200 bits/s och ett signal/brus-mål (Eb/No) om 7.9 dB. Trafiklasten antogs vara fördelade till tre huvudområden (hotspots) med jämn lastfördelning däremellan. Två olika trafiklaster, en låg och en hög testades. Vidare användes värden enligt tabell 1 för att efterlikna en stadsmiljö.

15 **Tabell 1, parametrar för testscenario**

Parameter	Värde
Förluster i kabel&kontackter	3 dB
Cell radie	200 m
Terminalens antennhöjd	1.7 m
Antennhöjd	25 m
Max uteffekt (Node B)	43 dBm
Frekvens	2140 MHz
Skuggfädnings std.	7 dB
Skuggfädnings site korrelation	0.5
Skuggfädnings korrelationsavstånd	110 m
Ortogonalitetsfaktor (α)	0.5

Optimeringen utfördes för de olika målfunktionerna i 2000 steg (generationer). Viktfaktorerna hade valts enligt tabell 2. Som referens användes ett nät där alla CPICH-uteffekter satts

20 lika. Resultatet efter 2000 generationer presenteras i tabell 3.

Tabell 2. Viktfaktorer

Målfunktion	k_{cov}	k_w	k_x	P_{target}	P_{ivl}
1	$1 \cdot 10^6$	1000		95%	-85.2 dBm
2	$1 \cdot 10^6$	1000		95%	-85.2 dBm
3	$1 \cdot 10^9$	1000	-	95%	-85.2 dBm
4	$1 \cdot 10^6$	-	-	95%	-85.2 dBm
5	$1 \cdot 10^6$	1000	$1 \cdot 10^6$	95%	-85.2 dBm

Tabell 3. Resultat

Målfunktion	Slutlig målfunktion låg/hög last	CPICH täckning låg/hög last	Medel CPICH-uteffekt [dBm] låg/hög last	Medel total uteffekt [dBm] låg/hög last	CPU tid [s] låg/hög last
referens	-	95,01%	37 / 37	39,9 / 41,5	-
1	58,61 / 58,61	95,08%	37,7 / 37,7	41,8 / 48	393 / 350
2	16364 / 16364	95,01%	35,5 / 35,5	38,7 / 40,6	390 / 358
3	63,44 / 45,74	95,01%	35,5 / 35,9	38,6 / 40,3	3924 / 3802
4	60,21 / 39,66	95,01%	35,5 / 35,6	38,7 / 40,7	4205 / 4052
5	16035 / 15472	95,01%	35,6 / 35,5	38,7 / 40,5	666 / 646

- 5 Vid inspektion av tabell 3 framgår att de här föreslagna målfunktionerna i kombination med optimeringsstegen, ger en förbättring avseende både medeluteffekten för pilotkanalerna (CPICH) och medeltotaluteffekten, med rimlig processtid (CPU-tid).
- 10 Målfunktionerna och optimeringsalgoritmen har här använts för att optimera pilotkanalseffekterna. Bastationernas placering har i denna analys antagits vara fixa. Den här beskrivna

metoden kan även användas för att optimera basstationernas placering. Då används företrädesvis målfunktion 1, F_1 , eller liknande målfunktion.

Syftet med föreliggande uppfinning är att optimera
5 pilotplaneringen i ett CDMA-baserat cellulärt nätverk för mobiltelefoni, här exemplifierat med W-CDMA cellulärt nät enligt UMTS-specifikationerna. Uppfinningen torde kunna utnyttjas, med smärre modifieringar i CDMA-nät enligt IS-95, och de vidareutvecklingar av CDMA enligt IS-95 som är under
10 utvecklande. Som fackmannen inser kan likartade metoder vara användbara för även annan optimering av cellulära radionät, men kräver att målfunktionerna omdefinieras för att beskriva det aktuella optimeringsbehovet. Optimeringar där metoden enligt föreliggande uppfinning kan utnyttjas kan exempelvis
15 vara frekvensplanering i GSM-nät, basstationsuteffekt i GSM- eller TDMA-nät mm.

Metoden tillämpas enklast i form av en programvaruprodukt, där definieringen av målfunktion och inmatning av nödvändiga parametrar för att beskriva aktuellt radionät kan utgöra en
20 modul och optimeringsalgoritmerna en annan. Genom en moduluppbyggnad kan till exempel byte av optimeringsalgoritm lätt genomföras. Mjukvaran kan lagras i och exekveras på en dator, företrädesvis en PC, arbetsstation, eller om hög beräkningskapacitet behövs, en speciellt dedicerad dator.
25 Datorn är lämpligen i förbindelse med mobiltelefonisystemet för enkel överföring av erhållna CPICH-värden till basstationerna, företrädesvis förmedlat via RNC:n. Om pilotkanalernas uteffekter ska hanteras dynamiskt, bör programvaruprodukten implementeras så att information snabbt
30 kan förmedlas mellan datorn som utför optimeringen och radionätets styrfunktioner. Programvaruprodukten kan förmedlas och/eller saluföras till exempel lagrade på ett

datalagringsmedium såsom diskett, CD, DVD eller överförs till exempel via Internet.

- De ovan beskrivna utföringsformerna kan på många sätt
5 modifieras och varieras inom ramen för uppfinningens
grundtanke. Sådana variationer och modifikationer avses vara
inom ramen för uppfinningen såsom den definieras av de
bifogade kraven.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Patentkrav

1. Metod för att i ett cellulärt radionät konfigurera pilotkanalers uteffekt, radionät innefattande ett flertal celler och till varje cell en associerad basstation och en pilotkanal, innefattande stegen:

indelning av radionätet, eller del av radionätet i delområden,

uppskattning av radiosignalens dämpning (λ_p^n) för alla eller bestämda kombinationer av delområden och celler,

uppskattning av trafiktyp och trafiklast inom varje delområde,

beräkning av en målfunktion för att erhålla ett mätetal avseende radionätets eller delen av radionätets kvalitet utifrån en konfiguration av pilotkanalsuteffekter,

optimering med syfte att konfigurera pilotkanalers uteffektsvärden så att målfunktionens mätetal maximeras,

kännetecknad av

att indelningen av radionätet, eller del av radionätet utför så att i varje delområde förväntas signalstyrkan från cellernas pilotkanaler vara väsentligen konstant och inom varje delområden förväntas trafiklasten vara väsentligen konstant, och

att målfunktionen innefattar en täckningsrelaterad term och en kapacitetsrelaterad term.

2. Metod enligt krav 1 **kännetecknad av** att täckningstermen bestraffar, med en till täckningen relaterad viktsfaktor (k_{cov}), förslagna konfigurationer vilka ej uppfyller täckningskravet.

5 3. Metod enligt krav 2 **kännetecknad av** att kapacitetstermen väsentligen beskriver ett medelvärde av kvarvarande effektmarginal i cellerna, och om någon cell överskrider sin maximala uteffekt bestraffas föreslagna konfiguration med en till kapaciteten relaterad viktsfaktor (k_w).

10 4. Metod enligt krav 1 **kännetecknad av** att optimeringssteget innefattar en optimeringsalgorithm innefattande slumpvis variation av utvalda pilotkanalers uteffekt och en urvalsprocess för att välja de pilotkanalernas uteffektsvärden vilka maximerar målfunktionens mätetal.

15 5. Metod enligt krav 1 **kännetecknad av** att optimeringssteget utgörs av en genetisk algorithm.

6. Metod enligt krav 3 **kännetecknad av** att målfunktionen (F_{III}) väsentligen kan beskrivas enligt

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{\max,n}} \left(F_{cov} + \sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{TOT}) \right)$$

20 där F_{cov} , är den täckningsrelaterade termen, summan $\sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{TOT})$ är den kapacitetsrelaterade termen,

$$W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{TOT} \leq P_{\max,n} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{och} \quad F_{cov} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{cov} \geq p_{target} \\ 100(p_{cov} - p_{target})k_{cov} & \end{cases}$$

där P_n^{TOT} är de totala uteffekterna, $P_{n,\max}$ är varje basstations maximalt tillgängliga effekt, p_{cov} är en förmodad ytsannolikhet och p_{target} är den önskade ytsannolikheten.

25 7. Metod enligt krav 2 **kännetecknad av** att kapacitetstermen väsentligen beräknas utgående från lastmarginalen per

cell och att målfunktionens kapacitetstermen väsentligen beskriver medellastmarginalen.

8. Metod enligt krav 7 **kännetecknad av** att målfunktionen (F_{IV}) väsentligen kan beskrivas enligt

$$F_{IV} = \frac{100}{N_{cells}} \left(F_{cov} + \sum_n (1 - X_n) \left(1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right) \right)$$

där F_{cov} , är den täckningsrelaterade termen, summan

$\sum_n (1 - X_n) \left(1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right)$ är den kapacitetsrelaterade termen,

$$F_{cov} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{cov} \geq p_{target} \\ 100(p_{cov} - p_{target})k_{cov} & \end{cases}$$

- 10 där X_n är aktuell last per cell, P_n^{TOT} är de totala uteffekterna, $P_{n,max}$ är varje basstations maximalt tillgängliga effekt, p_{cov} är en förmodad ytsannolikhet och p_{target} är den önskade ytsannolikheten.

- 15 9. Metod enligt krav 2 **kännetecknad av** att målfunktionens kapacitetstermen viktas med en lastbeskrivande faktor och att celler som uppvisar en trafiklast överstigande ett fördefinierat värde bestraffas med en till cellens trafiklast relaterad viktsfaktor (k_x).

10. Metod enligt krav 7 **kännetecknad** av att målfunktionen (F_v) väsentligen kan beskrivas enligt

$$F_v = \frac{1}{N_{\text{cells}}} \left(F_{\text{cov}} + \sum_n W_n' W_n^v \frac{P_{\text{max},n}^{\text{CPICH}} - P_n^{\text{CPICH}}}{1 - X_n} \right)$$

där F_{cov} , är den täckningsrelaterade termen, summan

- 5 $\sum_n W_n' W_n^v \frac{P_{\text{max},n}^{\text{CPICH}} - P_n^{\text{CPICH}}}{1 - X_n}$ är den kapacitetsrelaterade termen,

$$F_{\text{cov}} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{\text{cov}} \geq p_{\text{target}} \\ 100(p_{\text{cov}} - p_{\text{target}})k_{\text{cov}}, & \end{cases}$$

$$W_n^{\text{III}} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{\text{TOT}} \leq P_{\text{max},n} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$W_n^v = \begin{cases} 1, & \text{if } X_n < 1 \\ k_x & \text{otherwise} \end{cases}$$

där P_n^{CPICH} är pilotkanalernas uteffekt per cell n ,

- 10 $P_{\text{max},n}^{\text{CPICH}}$ är pilotkanalernas maximalt tillåtna uteffekt per cell, X_n är aktuell last per cell, P_n^{TOT} är de totala uteffekterna, $P_{n,\text{max}}$ är varje basstations maximalt tillgängliga effekt, p_{cov} är en förmodad ytsannolikhet och p_{target} är den önskade ytsannolikheten.

- 15 11. Programvaruprodukt direkt laddbar till ett interminne i en processor i en dator avsedd att användas för pilotkanalskonfigurering, programvaruprodukten innefattande mjukvarukod för utförande av stegen i vilket som helst av kraven 1-10.

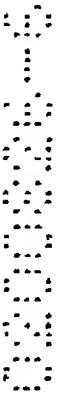
- 20 12. Programvaruprodukt lagrad på ett för datorer användbart lagringsmedium, innefattande ett eller flera program för att åstadkomma en process i en dator avsedd att användas för pilotkanalskonfigurering, för att kontrollera utförandet av stegen i vilket som helst av kraven 1-10.

- 25 13. Radionät för mobil kommunikation i vilket metoden enligt något av kraven 1-10 är implementerad.

SAMMANDRAG

Föreliggande uppfinning avser en metod och en programvaruprodukt vid ett mobilt tele- och datakommunikationssystem. Mer specifikt avser metoden att möjliggöra en effektiv pilotkanalsplanering i ett CDMA-baserat cellulärt radionät och innefattar stegen: indelning av radionätet i delområden, uppskattning av radiosignalens dämpning till delområden, beräkning av en målfunktion för att erhålla ett måttetal avseende radionätets eller delen av radionätets kvalitet utifrån en konfiguration av pilotkanalsuteffekter där målfunktionen innefattar en täckningsrelaterad term och en kapacitetsrelaterad term och optimering med syfte att konfigurera pilotkanalers uteffektsvärden så att målfunktionens måttetal maximeras.

Figur 2 till publicering



1/2

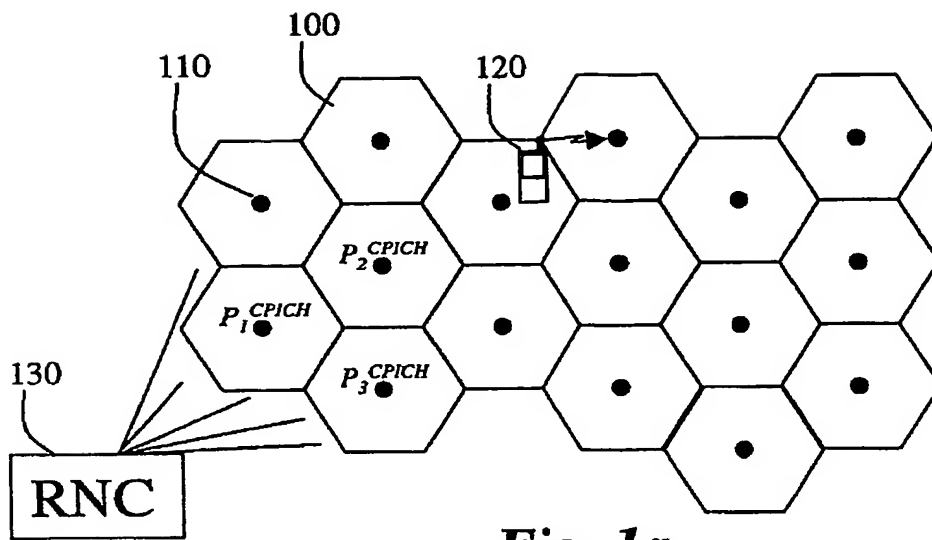


Fig. 1a

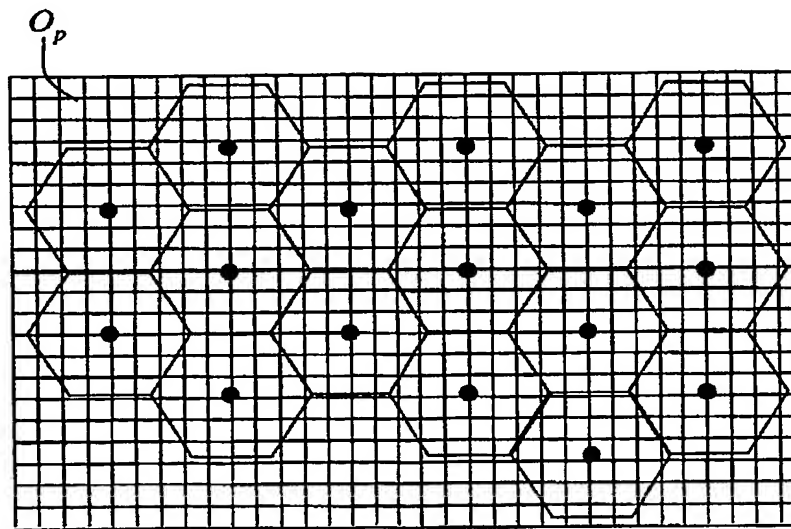
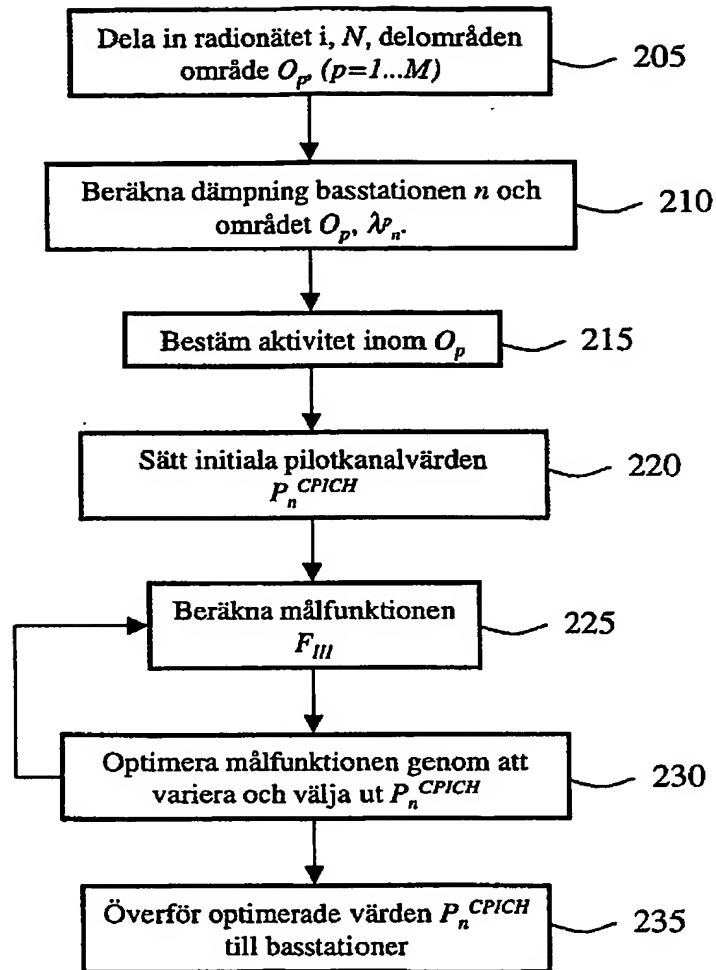


Fig. 1b

2/2

*Fig. 2*